

MINERALOGIE

Mineralogie en zeldzame aardmetalen

INHOUD

Mineralogie en zeldzame aardmetalen	2
Inleiding	2
Mineralogie	2
Waar hebben we het hier over?	2
Wat maakt een mineraal een mineraal?	3
De verwarring	4
Waar komen ze vandaan?	4
Gebeurt dat ook vandaag nog?	5
Biologische processen? Zeiden jullie niet net, het zijn enkel maar anorganische structuren?	6
Behoort erts ook bij de mineralen?	6
Voorbeelden	7
Hebben we mineralen ook in ons lichaam nodig?	9
Radioactieve mineralen	9
Zeldzame aarden, zeldzame aardmetalen of zeldzame aardelementen?	11
Zijn ze ook mineralen?	11
Zeldzame aardmetalen	12
Over welke elementen spreken we hier?	13
Waar zijn lithium en molybdeen gebleven?	13
En thorium?	14
Waar komen ze vandaan?	14
Zitten ze dan ook rond de evenaar?	15
Er bestaan zowel lichte als zware vormen?	15
Wat nu een zeldzaam aardmetaal een zeldzaam aardmetaal maakt	16
Geschiedenis	17
Waar zijn ze goed voor?	19
Europium in de beeldbuis?	20
Wat waren nog even katalysatoren?	21
Belangrijke kenmerken	21
Voorbeelden	21
Soorten	21
Lanthaan in optisch glas	21
Zeldzame aardmetalen in lenscoatings	22
Zeldzame aardmetalen in medische toepassingen	22
Hoe worden ze gewonnen en hoe milieuvriendelijk is het?	23
Terug naar lithium en molybdeen	24
Zijn zeldzame aardmetalen gevaarlijk?	25

Inleiding

Het onderwerp van vandaag is niet medisch, maar misschien heeft het wel een medisch aspect. Vandaag hebben we het over mineralogie en zeldzame aardmetalen. Zeldzame aardmetalen komen vaker voor dan hun naam doet vermoeden; ze zijn belangrijk voor de economie en zijn in veel apparaten te vinden. Hoe zeldzaam zijn ze en waar worden ze voor gebruikt? We onthullen de geheimen en leggen de details uit. Zijn ze gevaarlijk? Waar zijn ze te vinden? Waarom hebben we dit allemaal nodig? Luister goed, het antwoord komt binnenkort!

Mineralogie

Mineralogie is de wetenschap die zich bezighoudt met de studie van mineralen - de natuurlijk voorkomende, anorganische vaste stoffen waaruit gesteenten zijn opgebouwd.

Mineralogen bestuderen verschillende aspecten van mineralen:

Kristalstructuur en chemische samenstelling - Ze onderzoeken hoe atomen in mineralen zijn gerangschikt en welke chemische elementen ze bevatten. Dit bepaalt grotendeels de eigenschappen van het mineraal.

Fysische eigenschappen - Zoals hardheid, kleur, glans, dichtheid, splijting en magnetische eigenschappen. Deze kenmerken helpen bij het identificeren van mineralen in het veld.

Vormingsprocessen - Hoe mineralen ontstaan onder verschillende temperatuur- en druk omstandigheden, zowel diep in de aarde als aan het oppervlak.

Classificatie - Mineralogen delen mineralen in groepen in op basis van hun chemische structuur, zoals silicaten, carbonaten, sulfiden en oxiden.

Praktische toepassingen - Ze onderzoeken welke mineralen economisch waardevol zijn voor mijnbouw, industrie en technologie. Denk aan koper voor elektronica, lithium voor batterijen, of diamant voor snijgereedschap.

Mineralogie vormt de basis voor andere aardwetenschappen zoals petrologie (gesteentekunde) en geochemie, en heeft directe toepassingen in sectoren zoals mijnbouw, materiaalwetenschap en zelfs archeologie bij het bestuderen van oude artefacten.

Waar hebben we het hier over?

Mineralogie richt zich primair op **mineralen** zelf, niet op gesteenten als geheel. Maar laat me dit verduidelijken:

Mineralen zijn de bouwstenen - individuele kristallijne stoffen met een specifieke chemische formule en kristalstructuur. Ze kunnen voorkomen in:

Kristallijne gesteenten:

- **Stollingsgesteenten** (magmatisch) - zoals graniet met kwarts, veldspaat en mica
- **Metamorfe gesteenten** - zoals gneis of schist waar mineralen door druk en temperatuur zijn hervormd
- **Sedimentaire gesteenten** - zoals kalksteen (calciet) of zandsteen (vooral kwarts)

Ertsen zijn eigenlijk gewoon gesteenten die economisch waardevolle mineralen bevatten in voldoende concentratie om rendabel te ontginnen. Ze bevatten dezelfde kristallijne mineralen - bijvoorbeeld galena (looderts), chalcopryiet (kopererts), of hematiet (ijzererts).

Amorfe stoffen (niet-kristallijn) zoals obsidiaan of opal worden technisch gezien als mineraloïden bestudeerd, omdat ze geen echte kristalstructuur hebben.

De mineraloog bestudeert dus alle kristallijne mineralen, ongeacht of ze in “gewone” gesteenten zitten of in economisch belangrijke ertsen voorkomen. Het gaat om de mineralen zelf - hun structuur, eigenschappen en vorming - niet zozeer om het type gesteente waarin ze zich bevinden.

Wat maakt een mineraal een mineraal?

We hebben al gehoord dat de kristalstructuur een belangrijke eigenschap is die een mineraal moet hebben. Deze kristalstructuur is inderdaad wel cruciaal, maar een mineraal wordt gedefinieerd door **vijf essentiële kenmerken** samen:

- 1. Natuurlijk voorkomend** - Het moet in de natuur zijn ontstaan, niet door mensen gemaakt. Synthetische diamant is dus geen echt mineraal.
- 2. Anorganisch** - Het mag niet van levende organismen afkomstig zijn. Parels of amber zijn daarom geen mineralen.
- 3. Vaste stof** - Bij normale temperaturen en druk. Water of kwik zijn dus geen mineralen.
- 4. Gedefinieerde chemische samenstelling** - Het moet een specifieke chemische formule hebben, eventueel met beperkte variatie. Kwarts is bijvoorbeeld SiO_2 .
- 5. Geordende interne structuur** - En hier komt uw punt: ja, de **kristalstructuur** is essentieel! De atomen moeten in een regelmatig, herhalend driedimensionaal patroon zijn gerangschikt.

Die kristalstructuur is bijzonder belangrijk omdat:

- Ze bepaalt de vorm waarin kristallen groeien
- Ze beïnvloedt fysische eigenschappen zoals hardheid en splijting
- Stoffen met dezelfde chemische formule maar verschillende kristalstructuur zijn verschillende mineralen (polymorfen) - zoals diamant en grafiet (beide koolstof, maar totaal verschillende eigenschappen)

Mineraloïden zoals opal hebben wel een chemische samenstelling maar missen de geordende kristalstructuur - daarom zijn het geen echte mineralen volgens de strikte definitie.

Dus ja, kristalstructuur is absoluut fundamenteel voor wat een mineraal tot mineraal maakt!

De verwarring

Hier ontstaat enige verwarring. Kortom: zijn alle kristallen mineralen, en hebben alle mineralen een kristalstructuur?

Alle mineralen moeten inderdaad een kristallijne structuur hebben - dat klopt volledig.

Maar niet alle kristallen zijn mineralen. Hier zijn enkele voorbeelden waarom niet:

Synthetische kristallen - Laboratorium-gemaakte kristallen zoals kunstmatige diamant of kwarts zijn wel kristallijn, maar geen mineralen omdat ze niet natuurlijk zijn ontstaan.

Organische kristallen - Suiker, zout dat je thuis hebt, of zelfs kristallen die door levende organismen worden gevormd hebben een kristalstructuur maar zijn geen mineralen.

Ijskristallen - Ijs heeft een perfecte kristalstructuur, maar is geen mineraal omdat het niet vast is bij normale temperaturen.

Een betere manier om het te zeggen zou zijn:

- **“Alle mineralen zijn kristallijn” ✓**
- **“Maar niet alle kristallijne stoffen zijn mineralen” ✓**

Het mineraal moet voldoen aan alle vijf criteria die we eerder noemden. De kristalstructuur is een noodzakelijke voorwaarde, maar niet voldoende op zich.

Dus kristallijne structuur is een **must-have** voor mineralen, maar er moet meer bij komen om daadwerkelijk als mineraal geclassificeerd te worden.

Waar komen ze vandaan?

Mineralen ontstaan via verschillende processen, afhankelijk van de omstandigheden in en op de aarde. Hier zijn de hoofdmechanismen:

1. Kristallisatie uit gesmolten materiaal (magmatische vorming)

Wanneer magma of lava afkoelt, kristalliseren mineralen uit de smelt. Bij langzame afkoeling (diep in de aarde) krijg je grote kristallen zoals in graniet. Bij snelle afkoeling (vulkanisch) ontstaan kleine kristallen.

2. Neerslag uit oplossingen

Mineralen kunnen uitkristalliseren wanneer water verzadigd raakt met opgeloste stoffen. Dit gebeurt bijvoorbeeld:

- In grotten (stalactieten/stalagmieten van calciet)
- In geisers en hete bronnen
- Bij verdamping van zeewater (zoutmineralen)
- In aderen waar hydrothermale vloeistoffen door rotsspleten stromen

3. Metamorfe omvorming

Onder hoge druk en temperatuur (maar zonder smelten) kunnen bestaande mineralen omvormen tot nieuwe mineralen met stabielere kristalstructuren. Zo ontstaat bijvoorbeeld granaat in metamorfe gesteenten.

4. Biologische processen

Sommige organismen kunnen mineralen vormen, zoals schelpdieren die calcië maken. Ook bacteriën kunnen bepaalde mineralen neerslaan.

5. Verwerking en oxidatie

Aan het aardoppervlak kunnen nieuwe mineralen ontstaan door chemische reacties met water, zuurstof en zuren. Zo ontstaan bijvoorbeeld ijzeroxiden (roest-mineralen) uit ijzerhoudende mineralen.

6. Sublimatie

Rechtstreeks uit de gasfase, bijvoorbeeld zwavelmineralen rond vulkanen.

De specifieke mineralen die ontstaan, hangen af van temperatuur, druk, beschikbare elementen en tijd.

Gebeurt dat ook vandaag nog?

Mineralen worden **volop nog steeds gevormd**! Het is absoluut geen gelopen proces. Mineralenvorming is een continu, actief proces dat op dit moment overal op aarde plaatsvindt:

Voorbeelden van actieve mineralenvorming:

Vulkanische gebieden - Rond actieve vulkanen zoals Etna, IJsland of Yellowstone kristalliseren voortdurend nieuwe mineralen uit hete gassen en vloeistoffen.

Hydrothermale bronnen - Hete bronnen op de oceaانبodem en aan land slaan constant mineralen neer. De “black smokers” op de zeebodem vormen sulfide-ertsen.

Grotten - Stalactieten en stalagmieten groeien nog steeds, soms meetbaar per jaar.

Zoutmeren - Plaatsen zoals de Dode Zee of zoutpannen in woestijnen kristalliseren actief zoutmineralen.

Metamorfose - Diep in bergketens die nog steeds worden opgestuwd (zoals de Himalaya) ontstaan nieuwe metamorfe mineralen.

Verwerking - Aan het aardoppervlak ontstaan voortdurend nieuwe kleimineralen en oxiden door chemische verwerking.

Biologische processen - koralen, schelpdieren en zelfs bacteriën vormen nog steeds mineralen.

Het verschil is vaak de **tijdschaal** - sommige processen duren duizenden tot miljoenen jaren, maar ze zijn wel degelijk actief. Wetenschappers kunnen zelfs experimenteel mineralen laten groeien in laboratoria door natuurlijke omstandigheden na te bootsen.

De aarde is mineralogisch gezien nog steeds zeer actief!

Biologische processen? Zeiden jullie niet net, het zijn enkel maar anorganische structuren?

U heeft ons betrappt op een ogenschijnlijke tegenstelling. Laat ons dit verduidelijken:

Biomineralen zijn inderdaad een grijze zone in de definitie. Er zijn twee manieren om hiernaar te kijken:

Strikte definitie: Mineralen moeten anorganisch zijn, dus **biominerale**n zijn geen “echte” mineralen volgens de klassieke definitie. Calciet gevormd door een oester is chemisch en structureel identiek aan geologisch calciet, maar wordt vaak als “biomineraal” geclassificeerd.

Praktische realiteit: Vele “geologische” mineralen blijken bij nader onderzoek toch een biologische oorsprong te hebben:

- Veel kalksteen is grotendeels opgebouwd uit fossielen van organismen
- Sommige ijzererts ontstond door bacteriële activiteit
- Diatomeeënaarde bestaat uit fossiele algen

Moderne visie: Veel mineralogen erkennen nu dat de grens tussen “biologisch” en “anorganisch” niet zo scherp is. Het gaat vooral om:

- Is het **proces** biologisch gecontroleerd?
- Is het **eindproduct** anorganisch en kristallijn?

Een oester die calciet maakt gebruikt biologische processen, maar het calciet zelf is chemisch gezien identiek aan anorganisch gevormde calciet.

Het toont aan hoe complex de grens tussen “biologisch” en “geologisch” kan zijn!

Behoort erts ook bij de mineralen?

Erts is geen aparte categorie mineralen - het zijn gewoon **gesteenten die economisch waardevolle mineralen bevatten**.

Laat me dit uitleggen:

Erts = gesteente + economische waarde

Een erts bestaat uit:

- **Ert**smineralen - de waardevolle mineralen (bijvoorbeeld galena voor lood, chalcopryiet voor koper)
- **Ganggesteente** - de “onnutte” mineralen errond (zoals kwarts, calciet)

Voorbeelden:

- **Ijzererts** bevat mineralen zoals hematiet (Fe_2O_3) of magnetiet (Fe_3O_4)
- **Kopererts** bevat chalcopryiet (CuFeS_2) of malachiet ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$)
- **Looderts** bevat galena (PbS)

Het zijn dus de individuele mineralen IN het erts die bestudeerd worden door mineralogen. Het woord “erts” zegt meer over de **economische bruikbaarheid** dan over de mineralogische eigenschappen.

Interessant detail: wat vandaag “erts” is, kan morgen “afval” zijn als prijzen dalen of technologie verandert. Een gesteente met 0,5% koper was vroeger onrendabel, maar kan nu wel economisch zijn door betere extractietechnieken.

Dus: Erts bevat mineralen, maar erts zelf is geen mineraal - het is een economische classificatie van gesteente op basis van de waardevolle mineralen die erin zitten.

Voorbeelden

Hier zijn enkele bekende mineralen die u waarschijnlijk wel kent:

Alledaagse mineralen:

Kwarts (SiO_2) - Waarschijnlijk het bekendste mineraal. Komt voor als bergkristal (doorzichtig), amethyst (paars), rookkwarts (bruin). Wordt gebruikt in horloges, elektronica en sieraden.

Zout/haliet (NaCl) - Het tafelzout dat u gebruikt! Kristalliseert in perfecte kubussen.

Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) - Wordt vermalen tot gipspoeder voor muren en gipsplaten.

Calciet (CaCO_3) - Hoofdbestanddeel van kalksteen, marmer en krijt. Ook in schelpen en stalactieten.

Hematiet (Fe_2O_3) - Belangrijkste ijzererts, geeft een rode streep. Veel rode grond bevat hematiet.

Edele mineralen:

Diamant (C) - Zuivere koolstof in kubische kristalvorm

Grafiet (C) - Ook koolstof, maar andere kristalstructuur (potloodvulling!)

Industriële mineralen:

Pyriet (FeS_2) - “Kattengoud” - glinstert als goud maar is ijzersulfide

Magnetiet (Fe_3O_4) - Magnetisch ijzererts

Galena (PbS) - Looderts, zeer zware kubische kristallen

Gesteentevormende mineralen:

Veldspaat - Meest voorkomende mineraal in de aardkorst

Mica - Splijt in dunne blaadjes (glimmer)

Olivijn - Groene kristallen in basalt

Herkent u er enkele van? Veel hiervan heeft u waarschijnlijk al gezien zonder te weten dat het mineralen waren!

Maar we hebben ook een paar minder bekende mineralen voor uw:

Bizarre eigenschappen:

Bismutiet - Vormt regenboogkleurige, trapvormige kristallen die eruitzien alsof ze uit science fiction komen.

Realgar (AsS) - Felrood arseensulfide dat in zonlicht langzaam oranje wordt en giftige gassen afgeeft.

Azuriet - Intens blauw kopercarbonaat dat spontaan kan veranderen in groene malachiet.

Exotische verschijningen:

Wulfeniet - Vormt dunne, honingkleurige tot oranje vierkante kristallen die als chips lijken.

Stilbiet - Maakt bowtie-vormige kristallen die eruitzien als vlinderdassen.

Epidoot - Pistachiogroene kristallen met een unieke “olijfgroene” tint.

Extreme omstandigheden:

Stishoviet - Een ultra-dichte vorm van kwarts die alleen ontstaat bij meteorietinslag of kernexplosies.

Lechatelierit - Natuurlijk “glas” gevormd door blikseminslag in zand.

Painiet - Tot voor kort het zeldzaamste mineraal ter wereld, oranje-rood en zo zeldzaam dat er maar een paar exemplaren bestonden.

Chemische curiosa:

Erythrite - “Kobaltbloem” - felroze mineraal dat kobalterts verraadt.

Vanadiniet - Vormt perfecte zeshoekige rode kristallen.

Crocoiet - Oranje tot rode kristallen van loodchromaat, zeer zeldzaam.

Deze mineralen tonen hoe divers en wonderlijk de mineralogische wereld is!

Hebben we mineralen ook in ons lichaam nodig?

Vaak hoor of lees je op voedingsmiddelen iets van mineralen die ze bevatten. Zitten er dus gesteenten in je voedsel?

We leggen het uit: Gesteenten zal je zeker niet in je voedsel gaan vinden, maar er zijn wel mineralen voorhanden.

Maar hier moeten we een belangrijke nuance maken tussen de mineralogische definitie en de biologische/medische betekenis van “mineralen”.

Biologische vs mineralogische “mineralen”:

In de voeding/geneeskunde betekent “mineralen” eigenlijk **chemische elementen** die ons lichaam nodig heeft - zoals ijzer, calcium, magnesium, zink, etc.

In de mineralogie zijn mineralen kristallijne structuren zoals kwarts of calciet.

Wat ons lichaam nodig heeft:

Macro-elementen:

- **Calcium** - botten, tanden, spiercontractie
- **Magnesium** - enzymen, zenuwfunctie
- **Ijzer** - zuurstoftransport in bloed
- **Kalium** - celbalans, zenuwgeleiding
- **Fosfor** - botten, DNA, ATP

Spoor-elementen:

- **Zink** - immuunsysteem, wondgenezing
- **Selenium** - antioxidant
- **Jodium** - schildklierhormonen

De verbinding:

Deze elementen komen vaak **uit mineralen** in de natuur - we krijgen calcium uit kalksteen-gebaseerde bodems, ijzer uit ijzererts-rijke grond, etc. Maar in ons lichaam zitten ze niet als kristallijne mineralen, maar als opgeloste ionen of in organische verbindingen.

Dus: Ja, we hebben de chemische elementen uit mineralen nodig, maar niet de kristallijne mineralen zelf!

Het is weer zo'n mooi voorbeeld van hoe dezelfde term verschillende betekenissen heeft in verschillende vakgebieden.

Radioactieve mineralen

Er bestaan vele natuurlijk radioactieve mineralen. Dit is een fascinerend maar ook gevaarlijk gebied van de mineralogie.

Bekende radioactieve mineralen:

Uraniniet (UO₂) - Ook wel "pekblende" genoemd, de belangrijkste uraniumerts. Zwart en zeer radioactief. Hier ontdekten Marie en Pierre Curie radium uit.

Carnotiet - Gele uraniumvanadaat, belangrijk erts in de VS. Fluoresceert geel-groen onder UV-licht.

Torberniet - Groene vierkante kristallen van koper-uraniumfosfaat.

Autuniet - Gele, fluorescentie kristallen met uranium.

Zeldzame radioactieve mineralen:

Radiumhoudende mineralen zoals **curiëiet** (genoemd naar Marie Curie)

Monaziet - Bevat thorium en zeldzame aardmetalen, licht radioactief.

Zirkon - Kan uranium bevatten, daarom soms radioactief.

Veiligheid:

Mineralenverzamelaars moeten voorzichtig zijn met radioactieve specimens. Deze worden bewaard in speciale containers en de blootstellingstijd wordt beperkt. Professionele verzamelaars gebruiken Geiger-tellers.

Historisch belang:

Deze mineralen waren cruciaal voor het ontdekken van radioactiviteit en voor de ontwikkeling van kernenergie. Marie Curie isoleerde radium uit tonnen pekblende.

Radioactieve mineralen tonen aan hoe mineralogie verbonden is met kernfysica en chemie!

Pekblende vs Pitchblende:

Dit zijn eigenlijk **hetzelfde mineraal** - uraniniet (UO_2) - maar in verschillende talen:

- **Pekblende** = Nederlandse/ Duitse (Pechblende) term
- **Pitchblende** = Engelse term (letterlijke vertaling van pekblende)

Etymologie van “blende”:

Het woord “blende” komt uit het Duitse mijnbouwjargon en betekent letterlijk “**verblinder**” of “**bedrieger**”. Het stamt af van het werkwoord “blenden” (verblinden, misleiden).

Waarom “blende”?

Historisch kregen verschillende mineralen de naam “blende” omdat ze:

- **Misleidend** waren voor mijnwerkers - ze zagen eruit als waardevolle ertsen maar leverden niet op wat verwacht werd
- Moeilijk te smelten waren met de toenmalige technieken
- **Zinkblende (sphaleriet)** was de eerste “blende” - zag eruit als looderts maar leverde geen lood op

Pekblende specifiek:

- “Pek” verwijst naar de **donkere, pekachtige glans** (zoals teer of pek)
- Dus: “donkere misleider” - het zag eruit als een gewoon zwart mineraal, maar niemand wist wat ermee te doen

Ironisch genoeg bleek pekblende later een van de belangrijkste mineralen voor de kernfysica te zijn! De “bedrieger” werd een schat.

Andere voorbeelden: zinkblende, hoornblende - allemaal historisch “misleidende” mineralen.

Zeldzame aarden, zeldzame aardmetalen of zeldzame aardelementen?

Dit is een veel voorkomende verwarring die om verduidelijking vraagt:

Terminologie:

- “**Zeldzame aarden**” (rare earths) is de algemene, historische term
- “**Zeldzame aardmetalen**” (rare earth metals) benadrukt dat het metalen zijn
- “**Zeldzame aardelementen**” (rare earth elements/REE) is de meest precieze wetenschappelijke term

Technisch verschil:

Strikt genomen zijn “zeldzame aarden” oorspronkelijk de **oxiden** van deze elementen (wat chemici vroeger “aarden” noemden). De **metalen** zijn de zuivere elementaire vormen.

In de praktijk:

Deze termen worden vaak door elkaar gebruikt om naar dezelfde 17 elementen te verwijzen. Of je nu “zeldzame aarden”, “zeldzame aardmetalen” of “zeldzame aardelementen” zegt - je bedoelt dezelfde groep.

Historische context:

De naam “aarden” kwam omdat deze elementen vaak als oxiden werden aangetroffen in mineralen, en oxiden werden vroeger “aarden” genoemd (zoals “alkaliaarden” voor calcium, magnesium, etc.).

Moderne praktijk:

In technische literatuur zie je steeds vaker **REE (Rare Earth Elements)** of gewoon “**zeldzame aarden**” als verzamelterm.

Dus praktisch gesproken: **ja, het is hetzelfde** - verschillende woorden voor dezelfde elementgroep!

Zijn ze ook mineralen?

Zeldzame aardelementen zelf zijn geen mineralen - ze zijn chemische **elementen**.

Maar ze komen wel voor **in mineralen**:

Het verschil:

- **Element** = individueel chemisch element (zoals neodymium, cerium)
- **Mineraal** = natuurlijke kristallijne verbinding met specifieke chemische formule

Zeldzame aarden zitten in mineralen zoals:

- **Monaziet** - $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd}, \text{Th})\text{PO}_4$ (een fosfaat-mineraal)
- **Bastnäsiet** - $(\text{Ce}, \text{La})\text{CO}_3\text{F}$ (een carbonaat-fluoride)
- **Xenotiem** - YPO_4 (yttrium-fosfaat)
- **Eudialiet** - Complex silicaat met zeldzame aarden
- **Allaniet** - Calcium-aluminium silicaat met zeldzame aarden

Analoge vergelijking:

- IJzer (Fe) is een element
- Hematiet (Fe_2O_3) is het mineraal dat ijzer bevat
- Zo zijn neodymium, cerium etc. elementen
- Monaziet, bastnäsiet etc. zijn de mineralen die deze elementen bevatten

Voor winning:

Mijnbouwbedrijven ontginnen de **mineralen** (zoals monaziet), en dan worden de **elementen** (zoals neodymium) er chemisch uit geëxtraheerd.

Dus: **de elementen zitten in de mineralen, maar zijn zelf geen mineralen.**

Zeldzame aardmetalen

Zeldzame aardmetalen, ook wel zeldzame aardelementen genoemd, vormen een groep van 17 chemische elementen die een cruciale rol spelen in onze moderne technologische samenleving. Deze groep bestaat uit de 15 lanthaniden (van lanthaan tot lutetium), plus scandium en yttrium.

De naam “zeldzaam” is eigenlijk misleidend - deze metalen zijn niet per se zeldzaam in de aardkorst. Cerium bijvoorbeeld komt vaker voor dan koper. Het probleem ligt eerder in hun verspreiding: ze komen zelden geconcentreerd voor en zijn moeilijk te scheiden van elkaar vanwege hun vergelijkbare chemische eigenschappen.

Deze elementen hebben unieke magnetische, katalytische en optische eigenschappen waardoor ze onmisbaar zijn geworden voor talloze moderne toepassingen. Ze zitten in je smartphone (voor de trilmotor en luidsprekers), windturbines (in de permanente magneten), elektrische auto's (in de motoren en batterijen), LED-verlichting, medische apparatuur, en zelfs in katalysatoren voor oliaffinaderijen.

Geopolitiek gezien is dit een belangrijk onderwerp, omdat China momenteel ongeveer 60-70% van de wereldwijde winning voor zijn rekening neemt, wat vragen oproept over leveringszekerheid voor andere landen.

Over welke elementen spreken we hier?

We spreken hier over een aantal van 17 elementen, dus het zijn niet te veel die hier in deze groep behoren.

De 17 zeldzame aardmetalen zijn:

Lanthaniden (15 elementen):

- Lanthaan (La)
- Cerium (Ce)
- Praseodymium (Pr)
- Neodymium (Nd)
- Promethium (Pm) - radioactief en zeer zeldzaam
- Samarium (Sm)
- Europium (Eu)
- Gadolinium (Gd)
- Terbium (Tb)
- Dysprosium (Dy)
- Holmium (Ho)
- Erbium (Er)
- Thulium (Tm)
- Ytterbium (Yb)
- Lutetium (Lu)

Plus twee extra elementen:

- Scandium (Sc)
- Yttrium (Y)

Waar zijn lithium en molybdeen gebleven?

We raken hier een belangrijk punt aan over de definitie van “zeldzame metalen” versus “zeldzame aardmetalen”.

Lithium en molybdeen zijn GEEN zeldzame aardmetalen. De 17 genoemden zijn inderdaad de volledige lijst van zeldzame aardmetalen volgens de officiële chemische definitie.

Hier is het verschil:

Zeldzame aardmetalen (17 stuks): Dit is een specifieke chemische groep gebaseerd op hun plaats in het periodiek systeem - de lanthaniden plus scandium en yttrium. Ze hebben vergelijkbare chemische eigenschappen.

Andere “kritieke” of “strategische” metalen:

- **Lithium** - een alkalimetaal, cruciaal voor batterijen
- **Molybdeen** - een overgangsmetaal, gebruikt in staalproductie
- **Cobalt** - ook voor batterijen belangrijk
- **Tantalum** - voor elektronische componenten
- **Gallium** - voor halfgeleiders
- **Indium** - voor touchscreens

Deze worden vaak samen met zeldzame aardmetalen besproken omdat ze:

- Economisch strategisch belangrijk zijn
- Geconcentreerd voorkomen in bepaalde landen
- Moeilijk te vervangen zijn in technologische toepassingen

Dus wanneer mensen het hebben over “zeldzame metalen” in het algemeen, bedoelen ze vaak een bredere groep. Maar de term “zeldzame aardmetalen” verwijst specifiek naar die 17 chemisch verwante elementen.

Het is een beetje verwarrend, omdat de terminologie niet altijd consistent wordt gebruikt in de media!

En thorium?

Thorium is géén zeldzaam aardmetaal - ondanks dat het vaak verward wordt ermee!

Waarom de verwarring?

Thorium (Th) is een **actinide** (atoomnummer 90), niet een lanthanide. Het staat in een andere rij van het periodiek systeem dan de zeldzame aarden.

Maar er zijn redenen voor de verwarring:

- Thorium komt vaak **samen met** zeldzame aarden voor in dezelfde mineralen (vooral **monaziet**)
- Het heeft vergelijkbare chemische eigenschappen
- Het is ook radioactief (net als sommige zeldzame aarden)
- Historisch werden ze vaak samen ontgonnen en verwerkt

Thorium-mineralen:

- **Monaziet** - bevat zowel zeldzame aarden ALS thorium
- **Thoriet** (ThSiO_4) - zuiver thoriummineraal
- **Thorianiet** (ThO_2) - thoriumoxide

Dus: Thorium is een actinide dat vaak samen met zeldzame aarden voorkomt, maar behoort er technisch niet toe. Een veelgemaakte, begrijpelijke vergissing!

Waar komen ze vandaan?

Zeldzame aardmetalen ontstonden miljarden jaren geleden tijdens sterexplosies (supernovae) en werden vervolgens onderdeel van de materialen waaruit onze aarde werd gevormd. Ze zitten dus al sinds de vorming van onze planeet in de aardkorst.

Deze elementen komen voor in verschillende mineralen, waarbij de belangrijkste zijn:

- **Bastnaesiet** - bevat voornamelijk lichtere zeldzame aardmetalen zoals cerium en lanthaan
- **Monaziet** - een fosfaatmineraal dat ook thorium bevat (radioactief)
- **Xenotiem** - rijk aan zwaardere zeldzame aardmetalen zoals yttrium
- **Ionadsorptie-klei** - vooral belangrijk in Zuid-China voor zwaardere elementen

Het interessante is dat deze elementen wereldwijd voorkomen, maar economisch winbare concentraties zijn veel beperkter. De grootste bekende reserves bevinden zich in China, de VS, Australië, India en Brazilië.

Zitten ze dan ook rond de evenaar?

Zeldzame aardmetalen komen juist verspreid over de hele wereld voor, op alle breedtegraden.

Belangrijke vindplaatsen wereldwijd:

Noordelijke gebieden:

- **Groenland** - grote reserves ontdekt
- **Canada** - verschillende mijnen in Quebec en andere provincies
- **Rusland** - Kola-schiereiland (ver boven de poolcirkel)
- **Scandinavië** - Noorwegen en Zweden hebben reserves

Gematigde zones:

- **China** - Inner Mongolië (relatief noordelijk)
- **Verenigde Staten** - Mountain Pass in Californië, plus reserves in Alaska
- **Australië** - Mount Weld in West-Australië

Meer zuidelijke gebieden:

- **Brazilië** - verschillende locaties
- **India** - kustgebieden
- **Zuid-Afrika** - verschillende mijnen

China's speciale geval:

Een interessant detail is dat China twee hoofdtypen vindplaatsen heeft: de bastnaesiet-mijnen in het noordelijke Inner Mongolië (koud klimaat), en de ion-adsorptie kleimijnen in de zuidelijke provincies zoals Jiangxi (subtropisch).

De verspreiding heeft te maken met geologische processen die miljarden jaren geleden plaatsvonden - niet met het huidige klimaat. Zeldzame aardmetalen worden vaak gevonden in gebieden met oude geologische formaties of waar magmatische activiteit deze elementen heeft geconcentreerd, onafhankelijk van de breedtegraad.

Er bestaan zowel lichte als zware vormen?

Deze onderverdeling is gebaseerd op het atoomgewicht en heeft praktische gevolgen voor hun eigenschappen en toepassingen.

Lichte zeldzame aardmetalen (Lanthanoïden):

- Lanthaan (La) tot Europium (Eu)
- Atoomnummers 57-63

- Voorbeelden: Lanthaan, Cerium, Praseodymium, Neodymium, Europium

Zware zeldzame aardmetalen (Lanthanoïden):

- Gadolinium (Gd) tot Lutetium (Lu)
- Atoomnummers 64-71
- Voorbeelden: Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Ytterbium, Lutetium

Praktische verschillen:

Zeldzaamheid: De zware zijn over het algemeen veel zeldzamer en duurder. Dysprosium en terbium bijvoorbeeld zijn kritiek schaars.

Magnetische eigenschappen: Zware zeldzame aardmetalen hebben vaak sterkere magnetische eigenschappen bij hoge temperaturen. Dysprosium wordt toegevoegd aan neodymium-magneten om ze hittebestendiger te maken.

Winning: Lichte zijn makkelijker en goedkoper te winnen. China domineert vooral de markt van zware zeldzame aardmetalen.

Toepassingen:

- Lichte: meer in bulk toepassingen (katalysatoren, batterijen, basisoptica)
- Zware: meer in high-tech, gespecialiseerde toepassingen (geavanceerde magneten, lasers, medische apparatuur)

Wat nu een zeldzaam aardmetaal een zeldzaam aardmetaal maakt

Het antwoord ligt in de chemie en elektronenstructuur.

Chemische definitie:

We weten het al, zeldzame aardmetalen zijn de 17 elementen die bestaan uit:

- De 15 lanthanoïden (atoomnummers 57-71)
- Plus scandium (Sc) en yttrium (Y)

Wat hen uniek maakt:

Elektronenconfiguratie:

Ze hebben allemaal onvolledig gevulde f-orbitalen (of kunnen die krijgen bij ionisatie). Dit geeft hen unieke eigenschappen zoals speciale magnetische en optische karakteristieken.

Chemische gelijkenissen:

Ze gedragen zich chemisch zeer vergelijkbaar, wat ze moeilijk van elkaar te scheiden maakt. Ze vormen bijna altijd $3+$ ionen en hebben vergelijkbare ionische stralen.

Fysische eigenschappen:

- Sterke magnetische eigenschappen

- Unieke fluorescentie en fosforescerende eigenschappen
- Speciale katalytische activiteit
- Hoge smeltpunten en dichtheid

Waarom “zeldzaam”?

Interessant genoeg zijn ze niet echt zeldzaam in de aardkorst - cerium is zelfs vaker dan koper! Ze heten “zeldzaam” omdat:

1. Ze komen zelden geconcentreerd voor in erts
1. Ze zijn extreem moeilijk van elkaar te scheiden
1. Zuivere vormen waren lange tijd moeilijk te verkrijgen

Waarom “aarde”?

Historische term - vroeger werden metaaloxiden “aarden” genoemd.

Dus het is eigenlijk hun unieke elektronenstructuur die hen tot een aparte groep maakt!

Geschiedenis

Het begint eind 18e eeuw en is vol met verrassingen en misverstanden.

Het begin - een Zweedse steengroeve (1787)

Het verhaal begint in Ytterby, een kleine steengroeve nabij Stockholm. En hier slaan we een brug naar de mineralen, want het was met name een veldspatgroeve. Carl Axel Arrhenius, een Zweedse luitenant en amateur-mineraloog, vond daar een zwarte, zware steen die hij niet kon thuisbrengen. Hij noemde het mineraal “ytterbite” (later hernoemd tot gadoliniet).

De eerste doorbraak (1794)

Johan Gadolin, een Finse chemicus, analyseerde dit mineraal en ontdekte dat het een tot dan toe onbekend “aarde” bevatte - wat we nu yttrium noemen. Dit was het eerste zeldzame aardelement dat werd geïdentificeerd.

Een lawine van ontdekkingen (1800-1850)

Wat volgde was bijna een halve eeuw van verwarde ontdekkingen. Chemici dachten steeds dat ze nieuwe elementen hadden gevonden, maar deze bleken later mengsels te zijn van meerdere elementen. De Franse chemicus Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran schreef gefrustreerd: “Deze elementen spelen verstoppertje met ons!”

De grote doorbraak - spectroscopie

Rond 1860 bracht de uitvinding van spectroscopie eindelijk orde in de chaos. Door het licht van verhitte monsters te analyseren, konden chemici eindelijk individuele elementen identificeren.

Ytterby's bijzondere erfenis

Die kleine Zweedse steengroeve leverde uiteindelijk **vier elementen** op die naar de plaats zijn vernoemd:

- **Yttrium**
- **Ytterbium**
- **Erbium** (naar het oude woord "Ytterby")
- **Terbium**

Geen enkele andere plek ter wereld heeft zoveel elementen naar zich vernoemd gekregen!

Het mysterie van het "Didymium" (1840-1885)

Carl Mosander, een Zweedse chemicus, dacht in 1840 dat hij een nieuw element had ontdekt: "didymium" (van het Griekse woord voor "tweeling"). Maar er was iets vreemd aan dit element - zijn eigenschappen leken soms te veranderen!

45 jaar lang gebruikten chemici didymium voor verschillende toepassingen. Totdat in 1885 de Oostenrijkse chemicus Carl Auer von Welsbach ontdekte dat didymium eigenlijk twee verschillende elementen was: **neodymium** ("nieuw didymium") en **praseodymium** ("groen didymium"). Bijna een halve eeuw hadden wetenschappers onbewust met een mengsel gewerkt!

De radioactieve verrassing van Marie Curie (1902)

Marie Curie werkte met radiumbevattende materialen toen ze opmerkte dat sommige van haar monsters vreemde radioactiviteit vertoonden die niet van radium kwam. Ze had per ongeluk **promethium** ontdekt - maar dat beseftte ze niet!

Promethium werd pas officieel erkend in 1945, toen wetenschappers het kunstmatig maakten in een kernreactor. Het blijkt het enige natuurlijk radioactieve zeldzame aardelement te zijn en komt praktisch niet voor in de natuur.

Het "onmogelijke" europium (1890-1901)

Eugène-Anatole Demarçay vond spectroscopische lijnen die niet bij bekende elementen pasten. Maar telkens wanneer hij dacht het nieuwe element te hebben geïsoleerd, verdwenen de mysterieuze lijnen weer!

Het probleem: europium heeft de eigenschap om zeer gemakkelijk te oxideren en verandert dan van kleur en eigenschappen. Pas toen hij onder beschermende atmosfeer werkte, kon hij **europium** stabiel isoleren. Ironisch genoeg is dit element nu cruciaal voor rode kleuren in tv-schermen en LED-verlichting.

Waar zijn ze goed voor?

Er bestaan een hoop toepassingen waar zeldzame aardmetalen bij worden gebruikt. Ze worden vooral gebruikt in heel veel moderne technologieën:

Elektronica en technologie:

- Smartphones en tablets (voor schermen, speakers, trilmotoren)
- Computers en laptops
- LED-lampen en energiezuinige verlichting
- Lasers en glasvezel technologie

Hernieuwbare energie:

- Windturbines (vooral neodymium voor sterke permanente magneten)
- Zonnepanelen
- Batterijen voor elektrische auto's

Medische technologie:

- MRI-scanners
- Röntgenapparatuur
- Diverse medische instrumenten

Transport:

- Katalysatoren in auto's
- Elektrische motoren
- Hybride voertuigen

Defensie en luchtvaart:

- Geleide raketten
- Radar- en communicatiesystemen
- Vliegtuigmotoren

Permanente magneten (Neodymium, Dysprosium, Terbium)

Neodymium-magnetten zijn extreem krachtig en compact. Ze zitten in de generators van windturbines - één grote windturbine kan wel 200-600 kg neodymium bevatten. Ook in elektrische auto's zitten deze magneten in de motoren. De kracht van deze magneten zorgt voor veel efficiëntere energie-omzetting.

Schermen en displays (Europium, Terbium, Yttrium)

Europium geeft het rode licht in LED-schermen en oude tv-beeldbuizen. Terbium zorgt voor groen licht. Yttrium wordt gebruikt in witte LED's en de fosforlaag van computerschermen. Zonder deze elementen zouden onze kleurrijke schermen niet bestaan.

Katalysatoren (Lanthaan, Cerium)

Cerium zit in de katalysator van bijna elke auto - het helpt schadelijke uitlaatgassen om te zetten in minder schadelijke stoffen. Lanthaan wordt gebruikt in raffinaderijen om benzine schoner te maken.

Batterijen (Lanthaan, Cerium, Neodymium)

Nikkel-metaalhydride batterijen (veel gebruikt in hybride auto's) bevatten lanthaan. Ook in sommige lithium-ion batterijen zitten zeldzame aardmetalen.

Optisch glas (Lanthaan)

In sommige soorten optisch glas zoals lanthaan-kroonglas (LK) zit ook zeldzaam aardmetaal met name lanthaan. Het verhoogt onder andere de brekingsindex en maakt speciale lenzen mogelijk.

Europium in de beeldbuis?

Ja, in de meeste klassieke kleurentelevisies met een beeldbuis (CRT) zit inderdaad een kleine hoeveelheid europium, een zeldzaam aardmetaal.

Waarom europium?

- In het binnenste van de beeldbuis zit een dunne fosforlaag die oplicht wanneer ze wordt geraakt door elektronen.
- Voor de rode kleur in het RGB-systeem werden vaak fosforverbindingen gebruikt zoals yttrium-oxysulfide gedoteerd met europium ($\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}^{3+}$) of soms europium-gedoteerd yttrium-oxide.
- Europiumionen geven een zuiver rode gloed als ze worden aangeslagen, wat het mogelijk maakte om heldere, stabiele rode pixels te maken.

Hoeveel?

- Het gaat om zeer kleine hoeveelheden: meestal enkele tientallen tot honderden milligrammen europium per beeldbuis.
- Naast europium bevat de fosforlaag ook andere zeldzame aardmetalen zoals terbium (voor groen).

Recycling

- Bij de verwerking van oude CRT's wordt het glas (loodhoudend) gescheiden van de fosforpoeder.
- Dat poeder is de voornaamste bron van de zeldzame aardmetalen zoals europium en terbium, en kan worden teruggewonnen.

Kortom: ja, oude kleur-CRT's bevatten europium in de fosforlaag die voor de rode kleur zorgt, maar de hoeveelheid per toestel is vrij gering.

Wat waren ook al weer katalysatoren?

Een katalysator is een stof die een chemische reactie versnelt (of soms mogelijk maakt) zonder daarbij zelf blijvend verbruikt te worden.

Hij verlaagt de activeringsenergie – de energie die nodig is om een reactie op gang te brengen – zodat de reactie sneller en vaak ook bij lagere temperatuur kan verlopen.

Belangrijke kenmerken

- Versnelt de reactie: de uiteindelijke hoeveelheid reactieproducten is dezelfde, maar ze wordt sneller bereikt.
- Wordt niet opgebruikt: na afloop is de katalysator chemisch onveranderd aanwezig (al kan hij tijdelijk een tussenproduct vormen).
- Werkt door een ander reactiemechanisme: hij biedt een alternatieve route met lagere energiedrempel.

Voorbeelden

- Industrieel: in een auto zit een katalysator in de uitlaat (driewegkatalysator) met metalen zoals platina, palladium en rhodium, maar ook cerium. Die zet schadelijke gassen (CO, NOx, onverbrande koolwaterstoffen) om in onschadelijkere stoffen zoals CO₂, N₂ en H₂O.
- Biologisch: enzymen in ons lichaam zijn natuurlijke katalysatoren. Ze versnellen processen zoals de afbraak van suikers of de opbouw van DNA.

Soorten

- Homogeen: katalysator en reactanten zitten in dezelfde fase (bijv. opgelost in dezelfde vloeistof).
- Heterogeen: katalysator is een ander medium (bijv. vaste stof met gasvormige reactanten, zoals in een autokatalysator).

Kort samengevat: een katalysator is een reactieversneller die zelf niet wordt verbruikt en het energiepad van de reactie gunstiger maakt.

Lanthaan in optisch glas

Lanthaan speelt inderdaad een belangrijke rol in de optische glasindustrie.

De voordelen van lanthaan in optisch glas:

Hogere brekingsindex

Lanthaan verhoogt de brekingsindex van het glas aanzienlijk. Dit betekent dat licht sterker wordt "gebogen" wanneer het door het glas gaat. Hierdoor kunnen lenzen dunner en lichter gemaakt worden terwijl ze dezelfde optische kracht behouden.

Lagere dispersie

Lanthaan vermindert chromatische aberratie - dat is wanneer verschillende kleuren licht op verschillende punten focussen en je gekleurde randen rond objecten ziet. Lanthaanglas houdt alle kleuren beter bij elkaar gefocust.

Betere optische helderheid

Het glas wordt helderder en heeft minder optische vervormingen, wat resulteert in scherpere beelden.

Praktische toepassingen:

- **Cameraobjectieven:** Vooral bij dure professionele lenzen voor scherpe, contrastrijke foto's
- **Telescopen en verrekijkers:** Voor heldere observatie van verre objecten
- **Microscopen:** Voor nauwkeurige wetenschappelijke waarnemingen
- **Brillenglazen:** Vooral bij sterke correcties kunnen dunne, lichte glazen gemaakt worden

Zonder lanthaan zouden veel moderne optische instrumenten veel groter, zwaarder en minder nauwkeurig zijn. Het is echt een gamechanger geweest voor de optische industrie.

Zeldzame aardmetalen in lenscoatings

De coating van lenzen is een andere belangrijke toepassing van zeldzame aardmetalen in de optiek.

Cerium in coatings:

Cerium wordt gebruikt in anti-reflectiecoatings en als polijstmiddel voor lenzen. Het ceriumoxide (ook wel "jeweler's rouge" genoemd) is uitstekend geschikt voor het polijsten van glas omdat het de juiste hardheid heeft - hard genoeg om het glas te polijsten, maar niet zo hard dat het krast. Voor coatings helpt cerium bij het verminderen van reflecties en verhoogt het de lichtdoorlatendheid.

Neodymium in filters en coatings:

Neodymium wordt gebruikt in speciale optische filters, vooral de bekende neodymium-filters die bepaalde golflengte van licht blokkeren. Deze filters kunnen bijvoorbeeld de gele gloed van natriumlampen wegfilteren bij nachtfotografie, of worden gebruikt in laserbrillen voor bescherming.

Andere coatingtoepassingen:

Ook yttrium en enkele andere zeldzame aardmetalen worden gebruikt in geavanceerde multi-layer coatings die reflecties tot een minimum beperken en de doorlaatbaarheid van licht optimaliseren.

Zeldzame aardmetalen in medische toepassingen

Zeldzame aardmetalen spelen ook een grote rol in veel medische technologieën:

MRI-scanners (Helium gekoeld + Gadolinium)

Gadolinium is een van de belangrijkste. Het wordt gebruikt als contrastmiddel dat intraveneus wordt toegediend om bepaalde weefsels en bloedvaten beter zichtbaar te maken op MRI-scans. Gadolinium heeft unieke magnetische eigenschappen waardoor het het contrast tussen verschillende weefsels verhoogt.

Röntgen en CT-scans (Lanthaan, Gadolinium)

Lanthaan wordt gebruikt in röntgenschermen en beeldversterkingsbuizen. Het converteert röntgenstraling efficiënt naar zichtbaar licht, wat scherpere beelden geeft met minder stralingsbelasting voor de patiënt.

PET-scans (Lutetium)

Lutetium wordt gebruikt in PET-scanners (positron emissie tomografie) in de vorm van lutetium-oxyorthosilicaat kristallen. Deze detecteren de gammastraling die vrijkomt bij PET-scans voor het opsporen van tumoren en het monitoren van stofwisselingsprocessen.

Lasertherapie (Holmium, Erbium, Thulium)

Holmium-lasers worden gebruikt voor het behandelen van nierstenen en prostaatproblemen. Erbium-lasers zijn populair in dermatologie en plastische chirurgie voor huidbehandelingen.

Pacemakers en medische implantaten

Enkele zeldzame aardmetalen worden gebruikt in de elektronische componenten van pacemakers en andere geïmplanteerde medische apparaten.

Hoe worden ze gewonnen en hoe milieuvriendelijk is het?

Het winnen van zeldzame aardmetalen is een complex en **zeer milieubelastend** proces. Hier een overzicht:

Hoe worden ze gewonnen?

1. Mijnbouw:

Zeldzame aarden worden gewonnen uit mineralen zoals monaziet en bastnäsiet via open dagbouw of ondergrondse mijnen.

2. Scheidingsproces:

Het echte probleem zit in de scheiding. Het spoelingsproces dat de zeldzame aardmetalen van hun erts scheidt gaat met behulp van geconcentreerd zwavelzuur of bijtende soda (natriumhydroxide) .

3. Complexe raffinage:

Omdat alle zeldzame aarden chemisch erg op elkaar lijken, vereist scheiding vele stappen met zware chemicaliën.

Milieu-impact:

Enorme vervuiling:

De winning van zeldzame aardmetalen uit mijnen leverde in 2015 alleen al in China voor omgerekend vijftien miljard dollar aan milieuschade .

Afvalproblemen:

Bij dit proces komen duizenden tonnen chemisch afval vrij, die het grondwater en de bodem in de buurt vervuilen .

Bredere gevolgen:

Het winnen en verwerken van deze grondstoffen heeft vaak negatieve effecten op het milieu, klimaat en de mens, bijvoorbeeld door hoog waterverbruik, ontbossing en slechte arbeidsomstandigheden .

Nieuwe ontwikkelingen:

Er wordt gewerkt aan schonere methoden. Door de aardmetalen met behulp van elektrische ladingen samen te laten klonteren, kan de benodigde hoeveelheid milieuonvriendelijke chemicaliën drastisch omlaag .

Paradox: We hebben deze materialen nodig voor groene technologie (windturbines, elektrische auto's), maar de winning ervan is zeer vervuילend!

Terug naar lithium en molybdeen

Lithium en molybdeen zijn chemische elementen - net zoals de zeldzame aarden die we net bespraken.

Maar ze komen voor in mineralen:

Lithium-mineralen:

- **Spodumeen** ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) - belangrijk lithiumerts, soms in gigantische kristallen
- **Petaliet** ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$) - ander lithium-aluminium silicaat
- **Lepidoliet** - lithiumhoudende mica, vaak paars gekleurd
- **Lithiumcarbonaat** wordt ook gewonnen uit pekelvijvers (verdampte zoutmeren)

Molybdeen-mineralen:

- **Molybdeniet** (MoS_2) - het belangrijkste molybdeenerts, metallic grijs
- **Wulfeniet** (PbMoO_4) - prachtige oranje/gele kristallen (die we eerder noemden!)

Classificatie:

- **Lithium en molybdeen** = elementen
- **Spodumeen, molybdeniet etc.** = de mineralen die deze elementen bevatten
- Ze horen **niet bij de zeldzame aarden** - dat is zoals we het al weten een specifieke groep van 17 elementen

Praktijk:

Net als bij zeldzame aarden worden de mineralen ontgonnen, en dan worden de elementen eruit geëxtraheerd voor gebruik in batterijen (lithium) of staallegering (molybdeen).

Dus: zelfde principe als bij zeldzame aarden - de elementen zitten in specifieke mineralen!

Zijn zeldzame aardmetalen gevaarlijk?

Zeldzame aardmetalen kunnen gevaarlijk zijn, maar dat hangt af van de specifieke elementen en de vorm waarin je ermee in contact komt.

Verschillende risiconiveaus:

Relatief veilig in normale toepassingen:

- **Neodymium, lanthaan, cerium** - in magneten, elektronica relatief ongevaarlijk
- De meeste zijn ingekapseld in legeringen of componenten

Meer problematisch:

- **Europium** - kan huidirritatie veroorzaken
- **Yttrium** - kan longschade veroorzaken bij inademing
- **Samarium** - matig toxisch
- **Promethium** - dit is daadwerkelijk radioactief! Het heeft geen stabiele isotopen

Licht radioactieve zeldzame aarden:

Enkele zeldzame aarden hebben **natuurlijke radioactieve isotopen**:

- **Lutetium-176** - zeer zwak radioactief
- **Lanthaan-138** - extreem zwak radioactief (zeer lange halfwaardetijd)

Grootste risico's:

Voor werknemers:

- **Stof inhalatie** tijdens winning en verwerking
- **Chemische blootstelling** aan zware chemicaliën bij raffinage
- **Huidcontact** met geconcentreerde vormen

Voor consumenten:

- **Praktisch geen risico** in elektronische apparaten
- Magneten zijn veilig om vast te houden
- Gevaar alleen bij beschadiging en inademing van stof

Conclusie: In dagelijkse toepassingen zijn ze ongevaarlijk, maar promethium is echt radioactief en enkele anderen hebben zwakke radioactieve isotopen. Het grootste probleem blijft de chemische vervuiling tijdens productie.